

М.О. ТЕМЕРЕВ, бакалавр, студент, НТУ “ХПІ”;

В.О. ПУЛЯЄВ, д-р техн. наук, проф., Інститут іоносфери, Харків

РОЗРОБКА АНАЛІЗАТОРА СПЕКТРА НА ОСНОВІ ШВИДКОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР’Є

Розглянуто розробку пристрою аналізу спектра низькочастотного сигналу з подальшим виведенням даних на дисплей.

Ключові слова: сигнал, перетворення Фур’є, цифровий аналізатор спектру.

Рассмотрена разработка устройства анализа спектру низкочастотного сигнала с последующим выводом данных на дисплей.

Ключевые слова: сигнал, преобразование Фурье, цифровой анализатор спектра.

Examined the spectrum analysis apparatus for baseband signal, which displays the results on the display.

Keywords: signal, Fourier transform, digital spectrum analyzer.

Вступ. Розкладання сигналу в спектр застосовується для аналізу процесу проходження сигналів через електричні схеми. Однією з необхідністю розкладання сигналу в спектр є те, що проходячи по колу, він зазнає змін. Подібні прилади будуються з використанням мікроконтролера, в якому функціонує алгоритм швидкого перетворення Фур’є. Він дає змогу за мінімальну кількість ітерацій розрахувати спектр вхідного сигналу.

Структура пристрою дуже схожа на пристрій “цифровий осцилограф”, але новизна в тому, що аналіз спектра відбувається на програмному рівні. В даній роботі показано приклад розробки пристрою типу “аналізатор спектра”, який, в той же час, буде мати функції ще й осцилографа.

Мета роботи – розробка пристрою для аналізу спектра вхідного низькочастотного сигналу з частотою до 100 кГц з подальшим виведенням даних на екран дисплею.

Вибір, обґрунтування й опис роботи функціональної схеми [1–3]. Реалізація розкладання в спектр та графічний інтерфейс потребує 32-розрядного мікроконтролера та достатньої кількості програмної та оперативної пам’яті. Вибираємо STM32F103VDT, тактова частота котрого складає 72 МГц, та він має 384 Кб програмної та 64 Кб оперативної пам’яті. Так як вхідний сигнал має смугу 100 кГц, то швидкість його дискретизації може не перевищувати 2 Мбіт/с. Для цього вибираємо зовнішній АЦП типу AD9200, який задовольняє цим вимогам по швидкості. Завдяки розрядності 10 біт, можливе масштабування осцилограми на дисплеї.

Для відображення інформації вибираємо кольоровий дисплей з сенсорною панеллю. Також потрібен вхідний пристрій зі змінним коефіцієнтом підсилення. Для зручності вимірювань в режимі осцилографа додамо 3 цифрових входи.

© М.О. Темерев, В.О. Пуляєв, 2013

Після аналізу інформації на сайтах [4–8] було запропоновано функціональну схему пристрою, яка представлена на рис. 1. Для того, щоб розрізняти сигнали різної інтенсивності, у його вхідному контурі діапазон передачі вхідної напруги можна змінюватися: він складає ± 5 В, ± 2 В та ± 1 В.

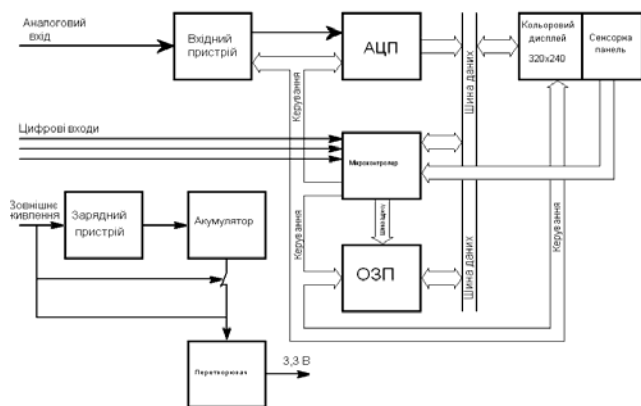


Рис. 1 – Функціональна схема аналізатора спектра

АЦП за тактовим сигналом видає на паралельну шину даних значення аналогового сигналу. Для утворення 128-дискретного спектра необхідно зібрати 256 вхідних значень сигналу, потім виконати його перетворення і результат вивести на дисплей. Для режиму осцилографа у реальному часі необхідно зібрати 320 значень (за кількістю пікселів на дисплеї по горизонталі) і вивести їх на екран.

Зовнішня пам'ять потрібна для запису осцилограми великої тривалості, тому при зчитуванні даних вони відразу заносяться до оперативного запам'ятовуючого пристрою (ОЗП). Динамічна пам'ять в порівнянні зі статичною має набагато більший об'єм при схожій ціні, також потребує менше виводів для підключення. Така пам'ять потребує регенерації, котра виконується на програмному рівні мікроконтролером, тому максимальний час запису сигналу в режимі осцилографа не може бути більшим за 30 с. Вибираємо MT48LC32M16A2P (DD4) з об'ємом пам'яті 32 Мб.

Сенсорна панель має вбудований контролер і передає дані від рухів оператора до мікроконтролера в протоколі SPI (Serial Peripheral Interface).

Розробка схеми електричної принципової. Згідно структурної схеми на рис. 1, вхідний пристрій складається з підсилювача сигналів на двох операційних елементах DA1 та DA2 (рис. 2). Для них вибираємо AD9200, смуга частот яких більше 150 КГц. DA1 включено з негативним зворотнім зв'язком, що дає можливість змінювати коефіцієнт підсилення. Для цього використовується оптореле типу CPC1017 (U_1 , U_2 і U_3).

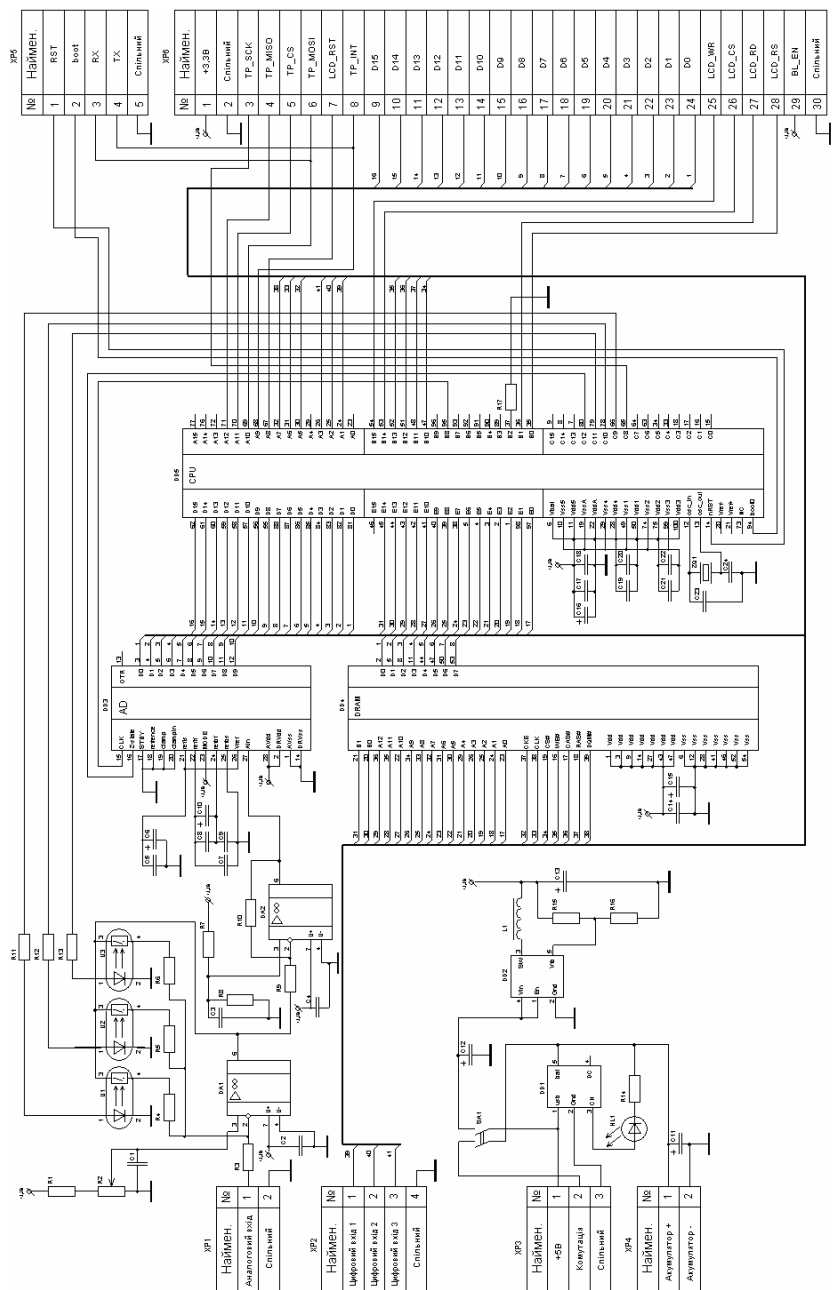


Рис. 2 – Схема электрична принципова анализатора спектра

Перший підсилювач DA1 має великий вхідний опір і зменшує вплив вимірювача на роботу досліджуваної схеми. Другий підсилювач (рис. 2) має малий вихідний опір для узгодження вхідного пристрою з наступним АЦП.

АЦП побудовано на мікросхемі DD3, яка перетворює вхідну напругу в 10-розрядний код. За позитивним сигналом управління “Z-state” вихід АЦП переводиться у високоімпедансний стан (Z-стан) для надання можливості мікроконтролеру працювати на шині даних з іншими пристроями.

Вихід ОЗП підключено до загальної шини даних, тому робота з пам'яттю можлива тільки тоді, коли закінчена робота з дисплеєм, та коли вихід АЦП у Z-стані. Адресна шина підключена до мікроконтролера індивідуально, тому на її роботу ніяких обмежень не існує.

Кольоровий дисплей з сенсорною панеллю є окремим блоком, і з'єднується з загальною шиною даних. Його підключено до роз'єму XP6.

Блок живлення складається з регулятора заряду акумулятора DD1 та мікросхеми перетворювача DD2. Коли зовнішня напруга відсутня, пристрій живиться від акумулятора. Напруга зарядженого акумулятора може бути від 3,5 до 4,2 В. Так як схемі потрібна стабільна напруга живлення 3,3 В, то застосовується перетворювач напруги на мікросхемі DD2.

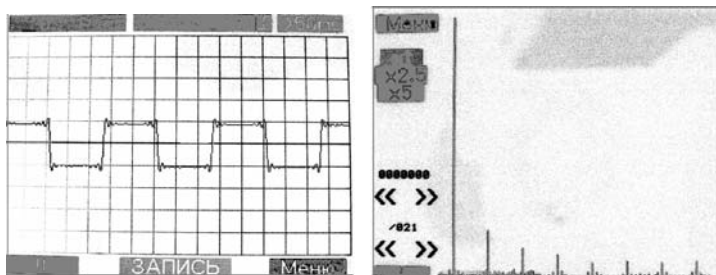


Рис. 3 – Осцилограма та спектр вхідного сигналу на дисплеї пристрою

Висновок. З використанням сучасної елементної бази вдалося спроектувати пристрій аналізу електричного сигналу низької частоти (0...100кГц) максимальної амплітуди 5 В. Цей пристрій дозволяє в реальному часі на програмному рівні розраховувати спектр сигналу та в режимі “осцилограф” або “аналізатор спектра” виводити результати на дисплей.

Список літератури. 1. Гершунский Б.С. Справочник по расчету электронных схем. – К.: КГУ, 1983. – 240 с. 2. Гитис Э.И., Пискунов Е.А. Аналого-цифровые преобразователи: Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 360 с. 3. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов. Практический подход. 2-е издание: пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2004. – 992 с. 4. [Электронный ресурс]: <http://www.alldatasheet.com>. 5. [Электронный ресурс]: <http://www.analog.com>. 6. [Электронный ресурс]: <http://www.st.com>. 7. [Электронный ресурс]: <http://easyelectronics.ru>. 8. [Электронный ресурс]: <http://eugenemcu.ru>.

Поступила в редколлегию 01.04.2013